



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 40 41 105 A 1

(5) Int. Cl. 5:
H 04 R 25/00
B 23 K 26/00
B 23 Q 33/00
B 22 C 7/02

(21) Aktenzeichen: P 40 41 105.2
(22) Anmeldetag: 21. 12. 90
(43) Offenlegungstag: 25. 6. 92

DE 40 41 105 A 1

BEST AVAILABLE COPY

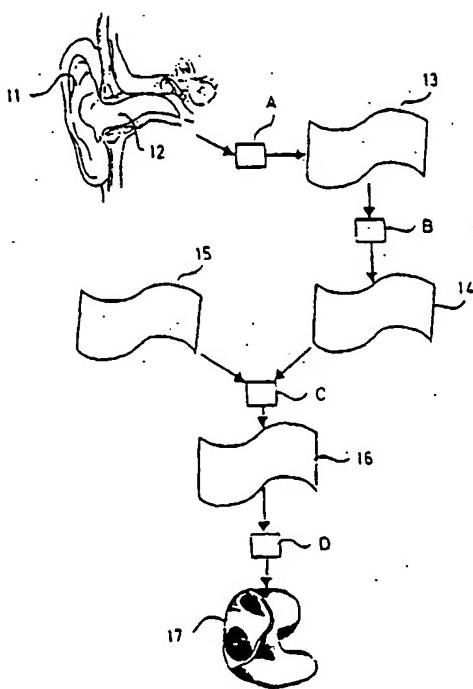
(71) Anmelder:
Toepholt & Westermann APS, Vaerloese, DK
(74) Vertreter:
Böhmer, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 7042 Aidlingen

(72) Erfinder:
Toepholm, Jan, Dipl.-Ing., Holte, DK; Westermann,
Soeren, Dipl.-Ing., Hellerup, DK; Andersen, Svend
Vitting, Espergaerde, DK

(54) Verfahren zum Herstellen von individuell an die Konturen eines Ohrkanals angepaßten Otoplastiken oder Ohrpaßstücken

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von individuell an die Konturen eines Ohrkanals angepaßten Otoplastiken oder Ohrpaßstücken und besteht aus folgenden Verfahrensschritten:
a) direktes oder indirektes Erfassen der Konturen des Ohrkanals und Umwandlung der so ermittelten Werte in eine digitale Darstellung und
b) Umwandlung der digitalen Darstellung dieser Konturen in ein multidimensionales Computermodell der äußeren Konturen der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes;
c) Auswahl der verschiedenen Bauelemente/Funktionen für den Innenraum des Computermodells bei gleichzeitiger Festlegung der Wandstärke und Optimierung der Positionen der Bauelemente/Funktionen bezüglich optimaler Funktion und minimaler Größenabmessungen;
d) computergesteuerte Herstellung einer Otoplastik oder eines Ohrpaßstückes aus den so ermittelten Daten der optimierten, dreidimensionalen Computerdarstellung der Otoplastik bzw. des Ohrpaßstückes.

DE 40 41 105 A 1



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von individuell an die Konturen des Ohrkanals angepaßten einteiligen oder aus mehreren getrennt voneinander bearbeitbaren Teilen bestehenden Otoplastiken oder Ohrpaßstücken.

Wenn heutzutage ein Ohrpaßstück oder vor allem eine Otoplastik für ein Im-Ohr-Hörgerät individuell angefertigt werden soll, so ist dazu eine große Anzahl von Verfahrensschritten erforderlich, die sehr zeitraubend und arbeitsintensiv und damit teuer sind.

Dabei müssen folgende Arbeiten im wesentlichen manuell ausgeführt werden:

1. Abnehmen eines oder mehrerer Ohrabdrücke beim Patienten;

2. Bearbeiten des Ohrabdruckes für die Herstellung einer Gießform.

Dazu muß überschüssiges Material von dem Ohrabdruck entfernt werden und kleine Fehler in dem Ohrabdruck müssen ausgebessert werden, einige Teile des Ohrabdruckes müssen zudem noch vergrößert werden. Schließlich muß der Ohrabdruck zum Glätten der Oberfläche in ein Wachs oder eine ähnliche Flüssigkeit eingetaucht werden.

3. Anschließend wird aus dem Ohrabdruck eine Gießform hergestellt, die beispielsweise aus Gips, einem Gel oder Silikonharz bestehen kann.

4. Ein polymerisierbares flüssiges Kunsthars wird in der gewünschten Mischung hergestellt, in die Form gegossen und mindestens zum Teil polymerisiert. Wenn das Produkt eine Schale für ein individuell zugerichtetes Im-Ohr-Hörgerät ist, dann muß der größte Teil des flüssigen Kunstharses aus der Form wieder ausgegossen werden, bevor es vollständig polymerisiert.

5. Beim Herausnehmen des Gußkörpers aus der Form wird diese dadurch normalerweise zerstört.

6. Das Ohrpaßstück oder die Otoplastik wird anschließend auf die richtige Größe und das erforderliche Aussehen abgeschliffen.

7. Normalerweise muß dann noch ein Entlüftungs-kanal hergestellt werden, was in verschiedener Weise erfolgen kann.

8. Schließlich ist eine Schallaustrittsöffnung durch Bohren herzustellen.

9. Am Schluß muß das Ohrpaßstück oder die Otoplastik noch poliert werden.

Wenn der Gußkörper für ein Im-Ohr-Hörgerät bestimmt ist, muß eine weitere Anzahl von Verfahrensschritten durchgeführt werden:

10. Es muß sichergestellt werden, daß für die Bauelemente des Hörgerätes (Mikrofon, Verstärker, Batterie, Lautstärkesteller, Hörer usw.) ausreichend Platz vorhanden ist.

11. Der Hörer muß so tief als möglich in den im Ohrkanal liegenden Abschnitt der Otoplastik eingebracht und befestigt werden. Oft genug ist dort sehr wenig Platz, um sowohl den Hörer als auch den Entlüftungs-kanal, der normalerweise kreisförmigen Querschnitt aufweist, in dem Teil der Otoplastik unterzubringen, der tief im Ohrkanal liegt.

12. Außerdem sollte irgendwo innerhalb der Otoplastik eine Telefonspule untergebracht werden.

13. Außerdem kann es vorkommen, daß das Mikro-

fon ebenfalls ganz individuell angeordnet werden muß.

14. Schließlich muß die Deckplatte an der Otoplastik befestigt werden, sei es durch Verkleben oder durch Polymerisieren.

Insgesamt besteht also dieses normalerweise angewandte Verfahren aus einer großen Anzahl von manuellen Verfahrensschritten, die sehr viel Zeit benötigen und trotzdem eine Reihe von Ungewißheiten mit sich bringen, da viele der Schritte schwer zu überwachen und zu kontrollieren sind. Als Beispiel diene dabei die Wandstärke und der Innenraum einer Otoplastik für Im-Ohr-Hörgeräte, die bei Verwendung des manuellen Verfahrens oft von den gewünschten Werten abweichen. Dabei kann es vorkommen, daß überflüssiges Material aus dem Innenraum mit einem in der Dentaltechnik verwendeten Bohrer oder einer Schleifscheibe abgetragen werden muß, um ausreichenden Raum für den Hörer, den Entlüftungs-kanal usw. zu schaffen. Selbst dieses Verfahren ist jedoch nicht gut definiert und liefert praktisch kaum vorhersehbare Ergebnisse.

Es sind daher bereits viele Versuche unternommen worden, um dieses Problem zu lösen, weil die nach diesen Verfahren hergestellten Im-Ohr-Hörgeräte meist von schlechter Qualität und als Erzeugnis von schwer vorhersehbaren Eigenschaften waren.

Modulare Im-Ohr-Hörgeräte, bei denen ein Modul, das alle Bauelemente des Hörgerätes bereits enthält, in eine individuell gefertigte Otoplastik eingeformt wird, haben sich als nicht sonderlich erfolgreich erwiesen, wohl zum Teil deshalb, weil sie normalerweise etwas größer sind. Das kommt daher, daß die Bauelemente innerhalb des Moduls in einer festen vorgegebenen Position angeordnet sind. Außerdem sahen diese Geräte oft mehr wie Verbund- oder Hybridegeräte aus.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es:

1. Die Herstellung von individuell angepaßten Ohrpaßstücken oder Gehäusen von Im-Ohr-Hörgeräten bzw. Otoplastiken vollständig oder nahezu vollständig zu automatisieren;
2. eine optimale Ausnutzung des im Ohrkanal und im äußeren Ohr zur Verfügung stehenden Raumes mit dem Ergebnis, daß damit das kleinstmögliche Hörgerät hergestellt werden kann;
3. Sicherstellung einer Optimierung von Position und Form aller internen Funktionen und Bauelemente eines Im-Ohr-Hörgerätes und
4. Beschreibung von Verfahren zur Herstellung von gut definierten Hörgeräten und Ohrpaßstücken von ständig gleichbleibender Qualität; die gleichzeitig auch vom kosmetischen Standpunkt aus besonders gut aussehen.

Diese der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird erfindungsgemäß prinzipiell durch folgende Verfahrensschritte gelöst:

- a) Direktes oder indirektes Erfassen der Konturen des Ohrkanals und Umwandlung der so ermittelten Werte in eine digitale Darstellung;
- b) Umwandlung der digitalen Darstellung dieser Konturen in ein dreidimensionales oder multidimensionales Computermodell der äußeren Konturen der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes;
- c) Auswahl der verschiedenen Bauelemente/Funktionen für den Innenraum des Computermodells

bei gleichzeitiger Festlegung der Wandstärke und Optimierung der Positionen der Bauelemente/Funktionen bezüglich optimaler Funktion und minimaler Größenabmessungen;

d) Computergesteuerte Herstellung einer Otoplastik oder eines Ohrpaßstückes aus den so ermittelten Daten der optimierten dreidimensionalen Computerdarstellung der Otoplastik bzw. des Ohrpaßstückes.

Die Erfindung wird nunmehr anhand verschiedener Ausführungsbeispiele, denen allen die ersten drei Abschnitte der prinzipiellen Lösung im Wesentlichen gemeinsam sind, in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen im einzelnen näher erläutert.

In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines Im-Ohr-Hörgerätes;

Fig. 2 schematisch eine Querschnittsansicht eines Ohrpaßstückes;

Fig. 3 ein Flußdiagramm oder Ablaufdiagramm der Verfahrensschritte gemäß Anspruch 1;

Fig. 4 ein Flußdiagramm des Verfahrens gemäß Anspruch 4;

Fig. 5 durch Abtastung ermittelte Darstellungen einzelner Querschnitte eines Ohrabdruckes;

Fig. 6 Computerdarstellung von durch Abtastung gewonnenen Querschnittsebenen;

Fig. 7 Darstellung der äußeren Oberfläche einer Otoplastik als dreidimensionales Modell, daß nach dem Verfahren der finiten Elemente ermittelt wurde;

Fig. 8 Darstellung des dreidimensionalen Computermodells der Otoplastik mit bereits ermittelter Wandstärke zur Definition des Innenraums an der inneren Oberfläche;

Fig. 9 Ablaufdiagramm gemäß dem Verfahren nach Ansprüchen 21 und 22;

Fig. 10 Ablaufdiagramm des Verfahrens gemäß den Ansprüchen 27, 28; 31; durch Herstellen von Querschnittsflächen und Stapeln dieser Scheiben übereinander;

Fig. 11 Ablaufdiagramm des Extrusionsverfahrens gem. Anspruch 32;

Fig. 12 Prinzipdarstellung des Aufbaus einer Otoplastik oder eines Ohrpaßstückes nach dem Extrusionsverfahren;

Fig. 13 Ablaufdiagramm eines subtraktiven Verfahrens zur Darstellung sowohl der inneren als auch der äußeren Konturen einer Otoplastik oder eines Ohrpaßstückes;

Fig. 14 Formgebung der äußeren Konturen von Blocks mit vorgefertigtem Innenraum als Ablaufdiagramm;

Fig. 15 Prinzipdarstellung des subtraktiven Mehrblockverfahrens;

Fig. 16 Schematisch zwei fertiggestellte Teile einer Otoplastik;

Fig. 17 Schematisch für das subtraktive Verfahren zu verwendende im Innenraum vorgefertigte Teile oder Blöcke für eine Otoplastik.

Fig. 1 zeigt rein schematisch ein Im-Ohr-Hörgerät mit einer Schale oder Otoplastik 1, die mittels einer Deckplatte 2 verschlossen ist. Das Hörgerät enthält ein Mikrofon 3, ein elektronisches Verstärkerteil 4, eine Batterie 5, einen Hörer 6 und schließlich einen Schallausgangskanal 7a sowie einen Druckausgleichs- oder Entlüftungskanal 8a.

Fig. 2 zeigt ein Ohrpaßstück oder eine Ohrolive 9, mit

einem zu einem Hörgerät (nicht gezeigt) führenden Schallschlauch 10, einem Schallausgangskanal 7b und einem Entlüftungskanal 8b.

Im Prinzip ist das Fertigungsverfahren für beide Ausführungsformen im wesentlichen gleich, wenn man davon absieht, daß im einen Falle (Hörgerät) noch Bauelemente enthalten sind, im anderen Fall normalerweise aber nicht.

Aus Fig. 3 geht das generelle Prinzip der Erfindung hervor. Ein schematisch dargestelltes Ohr 11 weist einen Ohrkanal 12 auf, dessen Konturen ermittelt werden sollen. Dies kann sowohl statisch als auch dynamisch erfolgen. Darauf wird noch eingegangen werden.

Im Fall der Fig. 3 werden die Konturen des Ohrkanals bei A ermittelt und in einer Datenbank 13 digital gespeichert. Diese digitalen Daten werden bei B in ein dreidimensionales Computermodell der Otoplastik umgewandelt und in einem Datenspeicher 14 gespeichert. In einer weiteren Datenbank 15 sind alle Bauelemente/Funktionen für Im-Ohr-Hörgeräte bzw. Ohrpaßstücke gespeichert. Darunter ist zu verstehen, daß alle verfügbaren Bauelemente und Funktionen bezüglich ihrer Abmessungen und Leistungsdaten in dieser Datenbank abrufbar enthalten sind, also auch verschiedene Größen von Hörern, Mikrofonen, Verstärkerteilen, Batterien usf. Diese Datenbank wird man, wenn sie nicht bereits vorhanden ist, anlegen und auch ständig auf dem neuesten Stand halten und ergänzen bzw. modernisieren.

Die in den Datenbanken 14 und 15 gespeicherten Daten werden dann bei C dazu benutzt, die notwendigen Funktionen/Bauelemente in das dreidimensionale Computermodell, z. B. eines Im-Ohr-Hörgerätes, in optimaler Weise einzufügen. Dadurch erhält man ein vollständiges Modell der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes im Speicher 16, der auch ein Teil einer allgemeinen Datenbank sein kann. Anhand dieses im Computer gespeicherten Modells der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes wird dann in einem computergesteuerten Fertigungsverfahren D die Otoplastik 17 erzeugt, die dann noch in der üblichen Weise nachbehandelt wird. Selbstverständlich gilt dies auch für ein Ohrpaßstück.

Ein statisches Verfahren zur Erfassung der Konturen eines Ohrkanals zeigt im Prinzip Fig. 4. Vom Ohr 11 mit seinem Ohrkanal 12 wird bei A1 ein Ohrabdruck 18 abgenommen, dessen Abmessungen bei A2 digitalisiert und in einem Speicherbereich 13 gespeichert werden. Diese Daten werden wie zuvor bei B in ein dreidimensionales Computermodell umgewandelt und bei 14 in einer Datenbank abgespeichert.

Die Umwandlung der Konturen des Ohrabdruckes kann in der verschiedensten Weise erfolgen. Beispielsweise lassen sich die Konturen des Ohrabdruckes mittels einer den Ohrabdruck durchdringenden Strahlung, z. B. Röntgenstrahlung, oder Ultraschall zerstörungsfrei abnehmen und dabei beispielsweise in gleichmäßigen aufeinanderfolgenden Querschnittsebenen abtasten. Die äußeren Konturen des Ohrabdruckes können auch mit Hilfe von Laserinterferometrie ermittelt werden.

Eine weitere praktische Möglichkeit besteht darin, den Ohrabdruck in aufeinanderfolgenden Schritten in dünne Schichten zu zerteilen oder zu zerschneiden und deren Abmessungen z. B. mit einer Videokamera zu erfassen.

Diese Verfahren lassen sich noch dadurch verbessern, daß man den Ohrabdruck in einen kontrastfarbigen Kunststoffblock einbettet. Damit wird die Erfassung der Konturen sowohl bei der zerstörungsfreien Abtastung als auch beim Zerschneiden verbessert. Diese Quer-

schnitte können dabei etwa so aussehen wie in Fig. 5 gezeigt. Es ist dabei anzumerken, daß die Schnitte oder Querschnittsebenen nicht gleichmäßig aufeinanderfolgende Abstände oder gleichförmige Schichtdicken aufweisen müssen. Es genügt, wenn ein neuer Querschnitt nur dann ermittelt wird, wenn er sich von dem vorhergehenden Querschnitt um vorbestimmte minimale Abmessungen unterscheidet.

Schließlich ist es auch möglich, von dem Ohrabdruck nacheinander in aufeinanderfolgenden Schritten dünne Schichten gleichmäßiger oder ungleichmäßiger Dicke abzufräsen oder abzuschleifen und dann die jeweils entstandene Oberfläche zu erfassen und digital zu speichern.

Die Konturen des Ohrkanals lassen sich aber auch durch berührungslose Abtastung, z. B. durch Ultraschall, erfassen. In diesem besonderen Fall läßt sich sogar eine dynamische Erfassung der Konturen des Ohrkanals erreichen.

An sich ist die Erfassung der Konturen des Ohrkanals räumlich zu sehen, d. h. in einem den Innenraum des Ohrkanals erfassenden und beschreibenden mehrdimensionalen Erfassungssystem. Da sich jedoch die Konturen des Ohrkanals beim Sprechen, Essen, Trinken usw. verändern, erhält man bei dieser Art von Datenerfassung der Konturen des Ohrkanals mit der Zeit variierte Abtastwerte (also eine vierte Variable) und kann dann diese sich ändernden Konturen mit berücksichtigen. Damit kann man eine noch optimale Form der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes erreichen, als mit dem statischen Verfahren.

Fig. 6 zeigt dann eine Computerdarstellung von durch Abtastung gewonnenen Querschnitten.

Hat man die digitalisierten Daten des Ohrkanals im Speicher, dann beginnt man mit der Umwandlung dieser Daten mittels aus der CAD/CAM-Technik bekannten Algorithmen in eine dreidimensionale Computerdarstellung der äußeren Konturen der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes, z. B. nach dem Verfahren der finiten Elemente. Dies zeigt schematisch Fig. 7. (vgl. dazu Fig. 3, Ziffer 14, 15 und 16 sowie C) In diesem Zusammenhang kann dann sofort die Mindestwandstärke definiert werden, die gleichzeitig die äußerste Begrenzungsfäche für die Bauelemente/Funktionen und deren optimale Anordnung darstellt. Dies zeigt, ebenfalls in einer Computerdarstellung, die Fig. 8.

Diese Umwandlung kann selbstverständlich interaktiv oder voll computergesteuert durchgeführt werden. Danach müssen die Kammern für den Hörer und den Ausgleichskanal festgelegt werden, wobei man dem Ausgleichskanal entweder einen gleichförmigen Querschnitt oder für eine Tiefpaßfilterwirkung einen abgestuften, vorzugsweise mehrfach abgestuften Querschnitt gibt, diesen digitalisiert und im dreidimensionalen Computermodell in seinem Verlauf darstellt. Das Programm könnte dann den Verlauf des Ausgleichskanals den gegebenen Verhältnissen anpassen, um den im Innenraum der Otoplastik verfügbaren Raum dafür optimal auszunützen. Die Hörerkammer kann dann der Datenbank 15 entnommen werden oder einer Datenbank-Bibliothek dreidimensionaler Modelle und unterschiedlicher Funktionen. Damit kann z. B. der Hörer so tief als möglich in das innere Ende der Otoplastik hineingezogen werden. Dabei muß man aber, ebenfalls computergesteuert, überprüfen, ob denn der Hörer, wenn er schließlich in das Gerät eingesetzt werden soll, sich auch problemlos bis an das am weitesten im Ohrkanal innen liegende Ende der Otoplastik einführen läßt.

In gleicher Weise kann der Verstärkerblock, die Mikrofonkammer und ggf. eine Telefonspulenkammer aus der Datenbank für Bauelemente/Funktionen ausgewählt und interaktiv oder automatisch in eine optimale Position innerhalb der Otoplastik gebracht werden.

Wenn alle Funktionen/Bauelemente im dreidimensionalen Computermodell, also nicht körperlich, an ihrem optimalen Platz angeordnet sind, dann kann es erforderlich sein, hier und da etwas "Material" einzufüllen, um 10 eine spätere ordnungsgemäße Herstellung sicherzustellen. Für einige Herstellungsverfahren kann es auch erforderlich sein, eine Anzahl von Stützteilen vorzusehen, die zunächst die Herstellung erleichtern, später aber wieder entfernt werden müssen.

Ausgehend von dem im Speicher oder in einer Datenbank gespeicherten dreidimensionalen Computermodell der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes soll nunmehr die eigentliche Fertigung beschrieben werden.

Bei der tatsächlichen computergesteuerten Herstellung der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes unterscheidet man prinzipiell zwei Varianten, nämlich ein additives Verfahren, d. h. den fortlaufenden Aufbau der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes in aufeinanderfolgenden Schritten oder kontinuierlich oder diskontinuierlich, und 25 ein subtraktives Verfahren, bei dem von vorgefertigten Blöcken ausgegangen wird, von denen Material so lange abgetragen wird bis die endgültige Kontur des Ohrpaßstückes oder der Otoplastik erreicht ist. Dies wird noch im einzelnen zu beschreiben sein.

Ein erstes mögliches Verfahren zeigt Fig. 9.

Ausgehend von den in der Datenbank 16 gespeicherten Daten wird dieses dreidimensionale Computermodell in dem Schritt D1a in eine Folge von Querschnitten umgewandelt. Diese Querschnitte können äquidistant sein, müssen es aber nicht. Sie müssen auch nicht planparallel und horizontal verlaufen. Die vorzugsweise zweidimensionalen Querschnittsebenen werden in einer Datenbasis 19 gespeichert. Ausgehend von dieser Datenbasis kann die Otoplastik dann dadurch hergestellt werden, daß die einzelnen Querschnittsebenen nacheinander und übereinander, untereinander oder nebeneinander hergestellt und dann miteinander verbunden werden. So kann z. B. als Schritt D1b ein sterolithografisches oder ähnliches Verfahren verwendet werden. Damit erhält man als "Rohprodukt" z. B. eine Otoplastik 20, die noch bei D1c nachbearbeitet werden muß, worauf man dann die fertige Otoplastik 17 erhält.

Diese Verfahren können dabei auf ganz verschiedene Weise durchgeführt werden. So ist z. B. auf einer computergesteuert bewegbaren Plattform ein Behälter mit aktiviertem flüssigen Kunstharz angeordnet. Durch gezielten Einsatz einer auf die Oberfläche des flüssigen Kunstharzes gerichtete, mindestens eine Teilpolymerisation des Kunstharzes bewirkende Strahlung kann eine erste Querschnittsfläche der Otoplastik erzeugt werden. Anschließend ist es dann erforderlich, jeweils nach Fertigstellen einer Querschnittsfläche, die Plattform um die Dicke einer Schicht abzusenken, damit die nächste Querschnittsebene auf der Oberfläche des flüssigen Kunstharzes in der gleichen Weise erzeugt werden kann. Dies wird dann solange fortgesetzt bis schließlich die mindestens teilweise polymerisierte Otoplastik dem Behälter entnommen werden kann. Gleches gilt selbstverständlich auch für die Herstellung eines Ohrpaßstückes.

Gemäß einem weiteren Verfahren befindet sich in einem auf einer Plattform angebrachten Behälter ein durch einen Aktivator aktivierbares flüssiges Kun-

harz. Oberhalb des Behälters ist eine in ihrer Position dreidimensional steuerbare Injektionsdüse angeordnet, durch die ein Aktivator in das flüssige Kunstharz von unten nach oben fortschreitend intermittierend oder kontinuierlich injiziert werden kann, um mit dem beim Zusammentreffen von Kunstharz und Aktivator mindestens zum Teil aushärtenden Kunstharzes die Otoplastik in dem flüssigen Kunstharz aufzubauen. Dies kann durch Zufuhr von Wärme mittels Infrarotstrahler oder durch Anwesenheit von UV-Strahlung unterstützt werden.

Dieses Verfahren zeigt im wesentlichen Fig. 10.

Ausgehend von der Datenbasis 16, in der das dreidimensionale Computermodell gespeichert ist, wird dieses im Schritt D2a in eine Folge von zweidimensionalen Querschnitten umgewandelt und in der Datenbank bei 21 gespeichert. Das Ohrpaßstück wird dann bei D2b durch die Injektion des Aktivators in die flüssige Kunstharzmasse erzeugt und ergibt dann das bei 22 gezeigte Rohmodell, das dann bei D2c nachbearbeitet wird und schließlich die fertige Otoplastik 17 ergibt.

Das gleiche gilt selbstverständlich auch für ein Ohrpaßstück.

Eine weitere elegante Methode besteht darin, ausgehend von dem in der Datenbasis 16 gespeicherten dreidimensionalen Computermodell, wiederum zweidimensionale Querschnitte abzuleiten, die dann in einer Datenbank ähnlich 19 in Fig. 9 oder 21 in Fig. 10 gespeichert werden. Für die Herstellung der einzelnen Querschnittsebenen ist eine computergesteuerte Schneidvorrichtung vorgesehen, die aus einer Kunstharzfolie oder Kunstharzplatte, die beispielsweise bereits zum Teil polymerisiert sein kann, die einzelnen Querschnitte ausschneidet, die dann übereinander gestapelt und miteinander verbunden werden. Als Schneidvorrichtung eignet sich dafür ein Laser, insbesondere ein im Ultraviolettbereich arbeitender, sogenannter Eximer-Laser. Die Unterlage für die Kunstharzfolie oder die Kunstharzplatte kann beispielsweise ein Förderband mit darauf befindlicher Folie oder Platte sein, so daß die Querschnitte fortlaufend erzeugt werden können. Andererseits kann die Unterlage auch eine rotierende Scheibe sein. Ebenso ist es möglich, wie bei einer Stanze, Material zuzuführen und die einzelnen Querschnitte nacheinander zu entnehmen, zu stapeln und miteinander zu verbinden, d. h. zu verkleben, zu verschweißen, zu verschrauben oder durch Polymerisieren zu einem Stück zu verbinden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, diese Querschnitte beispielsweise nach Art eines Druckverfahrens ähnlich einem Tintenstrahldrucker, herzustellen, indem man aufeinanderfolgende Querschnitte in einer Art Drucktechnik fortlaufend erzeugt und nach mindestens teilweiser Polymerisation, die sich bereits beim Druckvorgang ergeben sollte, um sie übereinander zu stapeln und zu einer Otoplastik miteinander zu verbinden. Auch eine derart hergestellte Otoplastik muß selbstverständlich in üblicher Weise nachbearbeitet werden und ergibt dann ebenfalls die fertige Otoplastik 17.

In Fig. 11 ist ein weiteres für die Herstellung einer Otoplastik oder eines Ohrpaßstückes geeignetes Verfahren dargestellt. Ausgehend von der Datenbasis 16 mit darin gespeichertem dreidimensionalen Computermodell wird im Schritt D3a eine dreidimensionale Bahn erzeugt, die das dreidimensionale Computermodell der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes alseitig beschreibt. Dies wird in der Datenbasis 23 gespeichert. Für die Herstellung der Otoplastik ist oberhalb einer Plattform

eine in ihrer Bewegung dreidimensional steuerbare Extruderdüse angeordnet, aus der ein beim Austreten aus der Düse beim Aufbringen auf die Plattform mindestens teilweise polymerisierendes Kunstharz kontinuierlich oder diskontinuierlich extrudiert wird bis dann der bei 24 gezeigte extrudierte Körper einer Otoplastik erzeugt ist. Dieser wird dann in üblicher Weise im, Schritt D3c nachbearbeitet und ergibt wiederum die fertige Otoplastik 17.

Gleiches gilt selbstverständlich auch für die Herstellung eines Ohrpaßstückes.

Fig. 12 zeigt dieses Verfahren im Prinzip. Über einer Plattform 25 ist eine in ihrer Bewegung dreidimensional steuerbare Extrudervorrichtung 26 mit einer Extruderdüse 27 angeordnet, aus der ein Strang eines polymerisierbaren flüssigen oder pastenartigen Kunstharzes zur Bildung der Otoplastik auf die Plattform aufgebracht wird. Dazu kann man auch die Düse 27 stationär halten und die Plattform in einer entsprechenden mehrdimensionalen Bewegung steuern. Es kann allerdings auch sehr zweckmäßig sein, sowohl die Position der Düse 27 als auch die Position der Plattform 25 zu steuern.

In den folgenden Abschnitten soll nunmehr das subtraktive Verfahren an Ausführungsbeispielen erläutert werden.

Da der Ohrkanal sehr oft kleine oder größere Biegungen und Krümmungen aufweist, ist es normalerweise nicht möglich, mittels Bohr- oder Fräseinrichtungen beim Herstellen eines Ohrpaßstückes oder einer Otoplastik aus dem Vollen das Innere in der erforderlichen Weise auszuholen. Die äußeren Konturen eines Ohrpaßstückes oder einer Otoplastik lassen sich normalerweise mit einer numerisch gesteuerten Fräsvorrichtung herstellen und dies würde sich auch zufriedenstellend einsetzen lassen. Darauf wird noch einzugehen sein.

So zeigt beispielsweise Fig. 13 ein solches Verfahren. Die Ermittlung der Konturen des Ohrkanals 12 erfolgt in der im Zusammenhang mit Fig. 3 und auch später in Fig. 4 beschriebenen Weise bis zur Erstellung und Speicherung eines dreidimensionalen Computermodells der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes in der Datenbank oder im Speicher 16, so daß eine besondere Beschreibung hier nicht erforderlich ist.

Da, wie bereits angedeutet, es sehr schwierig sein kann, eine Otoplastik oder ein Ohrpaßstück einstückig herzustellen, wird vorgeschlagen, gemäß Schritt D4a das dreidimensionale Computermodell in mehrere dreidimensionale Teilmodelle zu zerteilen, die dann in den Datenbasen 29b, 29c, 29d - gespeichert werden. Anschließend wird gemäß den Schritten D4b, D4c und D4d - aus einem Materialblock mittels computergesteuerter Frä- und/oder Schleifvorrichtung eines der Teile 30b, 30c und 30d - erzeugt. Dabei geht man etwa von Kunstharzblöcken aus, die etwa die Größe des zu fertigenden Teiles aufweisen. Bei diesem Verfahren werden also sowohl die inneren als auch die äußeren Konturen der einzelnen Teile einer Otoplastik oder eines Ohrpaßstückes durch computergesteuerte Fertigungsverfahren hergestellt. Diese Teile ergeben dann über den Schritt D4e das fertige Ohrpaßstück. In diesem Zusammenhang muß erwähnt werden, daß es verschiedene Möglichkeiten gibt, diese einzelnen Teile zusammenzufügen. Beispielsweise könnte man Zapfen- und Zapfenlöcher vorsehen oder vorspringende Kanten oder Absätze, an denen die einzelnen Teile zu einem Ganzen zusammengefügt und miteinander durch Verkleben, Verschweißen, Polymerisieren oder ähnliches verbunden werden können. Ebenso ist es möglich, in einzelnen Teilen Gewinde-

60 65

bohrungen und in anderen Teilen Bohrungen für Schrauben vorzusehen, so daß die einzelnen Teile durch Verschrauben miteinander zusammengefügt werden können. Dies hätte den Vorteil, daß das Gerät für Reparaturen auch auseinandergenommen werden könnte.

Ein weiteres Verfahren dieser Art zeigt Fig. 14 in Verbindung mit den Fig. 15 bis 17.

Zunächst werden, wie in Fig. 3 oder 4 und Fig. 13, wiederum die Abmessungen des Ohrkanals erfaßt und schließlich im Datenspeicher oder in der Datenbank 16 als dreidimensionales Computermodell der Otoplastik gespeichert.

Bei diesem Verfahren wird eine weitere Datenbank 31 verwendet, in der vorgefertigte rohe Kunststoffblöcke, wie sie in Fig. 17 mit 36a und 36b dargestellt sind, gespeichert sind. Diese Kunststoffblöcke, die beispielsweise zwei oder mehreren Teilen einer Otoplastik oder des Gehäuses eines Im-Ohr-Hörgerätes entsprechen, enthalten bereits einige der für Bauelemente/Funktionen vorgesehenen Kammern. In dem Verfahrensschritt 20 D5a werden die Daten aus den Datenbanken 16 und 32 in der Weise zusammengeführt, daß die entsprechenden Positionen und Größenordnungen für die Herstellung einer Otoplastik aus den vorgefertigten Kunststoffblöcken optimiert wird. Diese optimierten Daten gelangen 25 dann in den Speicher 32, der ebenfalls ein Teil der Datenbank sein kann.

Die in diesem Speicher enthaltenen Daten werden dann im Schritt D5b dazu verwendet, die endgültige Form der Otoplastik maschinell durch Fräsen oder 30 Schleifen, d. h. generell durch Abtragen des Materials von der Außenseite bis zum Erreichen der vorgegebenen, zuvor ermittelten, äußeren Konturen der Otoplastik herzustellen. Dies ist beispielsweise in Fig. 15 gezeigt, wo aus den Blöcken 33a und 33b die Teile 34a und 35 34b erzeugt werden.

Aus den vorgefertigten Blöcken, die bereits die verschiedenen Hohlräume für das Hörgerät enthalten, und die in Fig. 17 bei 36a und 36b gezeigt sind, entstehen durch die Bearbeitung dann die fertigen Teile 35a und 40 35b gemäß Fig. 16.

Obgleich zunächst bei diesem subtraktiven Verfahren die Verwendung von Bohr- oder Fräseinrichtungen mit numerisch gesteuerten Maschinen angezeigt sein könnte, so wäre auch hier die Verwendung eines im Ultraviolettbereich arbeitenden sogenannten Eximer- Lasers von besonderem Vorteil, da damit das Material von dem Kunststoffblock oder den Kunststoff- oder Kunsthärzblöcken mit hoher Präzision abgetragen werden könnte, wobei selbst komplizierte äußere und innere Formen 45 oder Oberflächen ohne Schwierigkeiten hergestellt werden könnten.

Dieses Verfahren ist daher in besonderem Maße für den Einsatz dieses subtraktiven Verfahrens geeignet.

Obgleich bisher eine Reihe von Verfahren zur Herstellung von Otoplastiken oder Ohrpaßstücken, ausgehend von den am Ohrkanal entnommenen Abmessungen der Konturen bis zur Computerdarstellung der dreidimensionalen Otoplastik oder eines derartigen Ohrpaßstückes beschrieben wurden, sind doch ausgehend 55 von diesen Daten und deren Umwandlung in zweidimensionale Querschnitte oder dreidimensionale Bahnkurven, auch andere Herstellungsverfahren denkbar, die ebenfalls im Bereich dieser Erfindung liegen, und nicht ausgeschlossen sein sollen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von individuell an die Konturen des Ohrkanal angepaßten, einteiligen oder aus mehreren getrennt voneinander bearbeitbaren Teilen bestehenden Otoplastiken oder Ohrpaßstücken, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- a) direktes oder indirektes Erfassen der Konturen des Ohrkanals und Umwandlung der so ermittelten Werte in eine digitale Darstellung und
- b) Umwandlung der digitalen Darstellung dieser Konturen in ein multidimensionales Computermodell der äußeren Konturen der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes;
- c) Auswahl der verschiedenen Bauelemente/Funktionen für den Innenraum des Computermodells bei gleichzeitiger Festlegung der Wandstärke und Optimierung der Positionen der Bauelemente/Funktionen bezüglich optimaler Funktion und minimaler Größenabmessungen;
- d) Computergesteuerte Herstellung einer Otoplastik oder eines Ohrpaßstückes aus den so ermittelten Daten der optimierten, dreidimensionalen Computerdarstellung der Otoplastik bzw. des Ohrpaßstückes.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Konturen des Ohrkanals durch berührungslose Abtastung erfaßt und in digitaler Form in dreidimensionaler Darstellung gespeichert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die berührungslose Abtastung mit Hilfe von Ultraschall vorgenommen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der Konturen des Ohrkanals in an sich bekannter Weise ein Abdruck des Ohrkanals, beispielsweise aus einem Acrylharz, einem Silikonharz oder Silikongummi erstellt, daß die Konturen dieses Ohrabdruckes erfaßt und digitalisiert, und daß die so erfaßten Werte in digitaler Form gespeichert werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen der Konturen des Ohrabdruckes zerstörungsfrei durch Abtastung mit einer den Ohrabdruck durchdringenden Strahlung erfaßt, digitalisiert und digital gespeichert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastung der Konturen des Ohrabdruckes mittels Röntgenstrahlung vorgenommen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastung der Konturen des Ohrabdruckes mit Hilfe von Ultraschall vorgenommen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastung der Konturen des Ohrabdruckes mit Hilfe von Laser- Interferometrie vorgenommen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ohrabdruck in aufeinanderfolgenden Schritten in dünne Schichten geschnitten wird, und daß die Abmessungen dieser dünnen Querschnittsschichten erfaßt, in digitale Form umgewandelt und digital gespeichert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekenn-

zeichnet, daß das Material des Ohrabdruckes in aufeinanderfolgenden Schritten jeweils um einen geringen Betrag abgetragen wird, daß darauf die so entstandene Oberfläche erfaßt und die so erfaßten Flächenwerte digitalisiert und in digitaler Form gespeichert werden.

11. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ohrabdruck in einen Block aus kontrastfarbenem, beispielsweise schwarzen Kunstharz eingebettet wird, und daß der so erhaltene Block in aufeinanderfolgenden Schritten in dünne Schichten geschnitten wird, und daß die Abmessungen dieser dünnen Querschnittsschichten erfaßt, in digitale Form umgewandelt und digital gespeichert werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des den Ohrabdruck enthaltenden Blockes in aufeinanderfolgenden Schritten jeweils um einen geringen Betrag abgetragen wird, die jeweils so gewonnene Oberfläche z. B. mittels Videokamera erfaßt und die so erfaßten Abmessungen/Formen in digitale Form umgewandelt und digital gespeichert werden.

13. Verfahren nach den Ansprüchen 4 bis 8 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen aufeinanderfolgender Querschnitte des den Ohrabdruck enthaltenden Blocks zerstörungsfrei durch Abtastung in Querschnitten mit einer den Block durchdringenden oder an den Kontrastflächen der Konturen des Ohrabdrucks reflektierten Strahlung erfaßt und die so ermittelten Werte digitalisiert und digital gespeichert werden.

14. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Umwandlung der digitalen Darstellung der Konturen des Ohrkanals in eine dreidimensionale Darstellung der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes in der Weise erfolgt, daß die Konturen in eine sehr große aber endliche Anzahl von finiten Elementen, z.B. in Form von kleinsten Dreiecken oder anderer Polygonzüge im dreidimensionalen Raum als Netzwerk solcher Elemente überführt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Konturen des dreidimensionalen Modells der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes in eine Anzahl differenzierbarer oder partiell differenzierbarer dreidimensionaler Kurvenzüge überführt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen Bauelemente/Funktionen manuell in den Innenraum der dreidimensionalen Darstellung des Computermodells der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes mittels Computer-Bildschirmdarstellung plaziert und eingegeben werden.

17. Verfahren nach Anspruch 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß diese Eingabe mit Computerunterstützung bei gleichzeitiger Optimierung der inneren Oberfläche und deren optimalen Abstand von der äußeren Oberfläche der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes bei gleichzeitiger Optimierung der Positionen/Abmessungen der Bauelemente/Funktionen erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung der Bauelemente/Funktionen und die gesamte Optimierung voll selbsttätig durch den Computer gesteuert abläuft.

19. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch

gekennzeichnet, daß die dreidimensionale Darstellung des Computermodells der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes in eine zweidimensionale Bildschirmdarstellung von der Art umgewandelt wird, die bei Betrachtung mit polarisierenden Gläsern den Eindruck einer dreidimensionalen Darstellung vermittelt.

20. Verfahren nach Anspruch 1 mit den Verfahrensschritten a), b) und c) sowie den Ansprüchen 2 bis 19, gekennzeichnet durch folgende weitere Verfahrensschritte:

Erzeugen einer Computerdarstellung einer Folge von einteiligen oder mehrteiligen Querschnitten des Computermodells;

Aufbau der als Computerdarstellung existierenden dreidimensionalen Otoplastik oder des Ohrpaßstückes durch wiederholte Erzeugung von einteiligen oder mehrteiligen Querschnitten und deren fortschreitenden Aufbau übereinander, als der Folge solcher Querschnitte sowie

Nachbearbeiten der fertiggestellten einteiligen oder mehrteiligen Otoplastik oder des Ohrpaßstückes nach erfolgter Aushärtung durch Glätten der Oberflächen, Polieren, Entfernen von Stützelementen, ggf. Zusammenfügen der einzelnen Teile der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes und ggf. Befestigen der Bauelemente.

21. Verfahren nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

Umwandeln der Folge der Querschnitte in eine ununterbrochene oder unterbrochene Folge von Steuersignalen;

Verwendung dieser Steuersignale zur Steuerung eines fokussierten Laserstrahles und einer steuerbar bewegbaren Plattform;

Verwendung eines mit flüssigem aktivierten Kunstharz gefüllten, auf der gesteuert bewegbaren Plattform angeordneten Behälters zur Erzeugung der Otoplastik bzw. des Ohrpaßstückes bzw. von Teilen derselben durch den kontinuierlich oder diskontinuierlich gesteuert bewegten fokussierten Laserstrahl für einen kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Aufbau der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes durch jeweils örtliche, mindestens teilweise Polymerisierung zweidimensionaler Oberflächenbereiche des Kunstharzes.

22. Verfahren nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

Umwandeln des so optimierten Computermodells in eine ununterbrochene oder unterbrochene Folge von Steuersignalen;

Verwendung dieser Steuersignale zur multidimensionalen Steuerung der Position einer Injektionsdüse und einer steuerbar bewegbaren Plattform zur kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Erzeugung der vollständigen Form der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes bzw. von deren Teilen;

Verwendung eines auf der steuerbar bewegbaren Plattform angeordneten, mit einem passivierten flüssigen Kunstharz gefüllten Behälters;

Injizieren eines Aktivators aus der in ihrer Bewegung zur Erzeugung der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes bzw. deren Teile kontinuierlich oder diskontinuierlich gesteuert bewegten Düse in das flüssige Kunstharz, bei ständig vorhandener UV- oder Wärmestrahlung für einen kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Aufbau der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes oder von Teilen derselben

aus dem sich durch Injektion des Aktivators mindestens zum Teil polymerisierenden Kunstharz.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu der durch Injektion gezielt erfolgenden Zufuhr des Aktivators mindestens am Ort der Injektion Wärme zugeführt wird. 5

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärme in Form von gerichteter oder diffuser Infrarotstrahlung zugeführt wird.

25. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine im wesentlichen konstante Ultraviolettsstrahlung zugeführt wird. 10

26. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die so erzeugten, aus einem Kunststoff bestehenden, z. B. teilpolymerisierten Querschnitte übereinander geschichtet und durch Verkleben, Polymerisieren, durch Anwendung von Wärme und/oder durch UV-Strahlung miteinander fest verbunden werden. 15

27. Verfahren nach Anspruch 26, gekennzeichnet durch folgende weitere Verfahrensschritte: Umwandeln des optimierten dreidimensionalen digitalen Computermodells in eine Folge von Steuersignalen zur wiederholten Steuerung einer Austragvorrichtung zum Aufbringen von aufeinanderfolgenden Querschnittsebenen in Form von Schichten einer aushärtbaren Kunststoffmasse entsprechend den Mustern der Querschnittsebenen auf einer ebenen Oberfläche mit jeweils teilweiser Aushärtung der einzelnen Schichten; 20

Stapeln der Schichten übereinander und Aushärten des fertigen Stapsels zur Bildung einer Otoplastik oder eines Ohrpaßstückes und

Nachbearbeiten der so erzeugten Otoplastiken oder Ohrpaßstücke nach erfolgter Aushärtung. 25

28. Verfahren nach Anspruch 26, gekennzeichnet durch folgende weitere Verfahrensschritte: Umwandlung des optimierten dreidimensionalen digitalisierten Computermodells in eine ununterbrochene oder unterbrochene Folge von Steuersignalen zur wiederholbaren Steuerung einer Schneidvorrichtung zum Ausschneiden aufeinanderfolgender Querschnitte aus einer dünnen Kunststoff-Folie oder einer dünnen Kunststoff-Platte; 30

Stapeln dieser so erzeugten Querschnitte übereinander zur Bildung der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes;

Verbinden der Querschnitte miteinander durch Verkleben durch Wärme und/oder ultraviolette Strahlung und Nachbearbeiten der so erzeugten Otoplastik oder des Ohrpaßstückes. 35

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß als Schneidvorrichtung ein in seiner Bewegung computergesteuerter Laserstrahl verwendet wird. 40

30. Verfahren nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß als Schneidvorrichtung ein in seiner Bewegung computergesteuerter im Ultraviolettbereich arbeitender sogenannter Eximer-Laser verwendet wird. 45

31. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 19 mit den Verfahrensschritten a), b) und c), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte: Umwandeln des so optimierten Computermodells in eine ununterbrochene oder unterbrochene Folge von Steuersignalen für die Verfolgung von einem oder mehreren Pfaden im Raum derart, daß die Summe aller Pfade ein Netzwerk, eine Spirale oder 50

60

65

sonst einen Polygonzug bildet, der den Körper der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes allseitig beschreibt;

Verwendung eines mit einem polymerisierbaren Kunstharz gefüllten Behälters;

Verwendung dieser Steuersignale zur multidimensionalen Steuerung der Position einer in den Behälter eintauchenden Injektionsdüse zur Injektion eines Aktivators, der unter vorgegebenen Bedingungen nach Austreten aus der Düse relativ rasch das Kunstharz, mindestens zum Teil, aushärtet und Führung dieser Düse längs dieser Pfade in einer die vollständigen Konturen der Otoplastik bzw. des Ohrpaßstückes bzw. deren Teile umfassenden und umschreibenden multidimensionalen Bewegung.

32. Verfahren nach Anspruch 1 mit den Verfahrensschritten a), b) und c) und den Ansprüchen 2 bis 19, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte: Umwandeln des so optimierten Computermodells der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes in eine ununterbrochene oder unterbrochene Folge von Steuersignalen für die Verfolgung von einem oder mehreren Pfaden im Raum derart, daß die Summe aller Pfade ein Netzwerk, eine Spirale oder sonst einen Polygonzug bildet, der den Körper der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes bzw. Teile derselben allseitig beschreibt;

Verwendung dieser Steuersignale zur multidimensionalen Steuerung der Position einer Extruderdüse längs einer dreidimensionalen Bahn zur Extrudierung eines flüssigen oder pastenartigen relativ rasch mindestens teilweise aushärtenden Kunstharzes auf eine Unterlage in einer die vollständigen Konturen der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes erfassenden und umschreibenden Bewegung.

33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse stationär gehalten wird, daß zum Aufbau der Otoplastik bzw. des Ohrpaßstückes eine steuerbar bewegbare Plattform vorgesehen ist, und daß durch die dreidimensionalen Koordinaten des Computermodells die computergesteuerte Bewegung der steuerbar bewegbaren Plattform längs der genannten Pfade in einem multidimensionalen Bewegungsablauf erfolgt.

34. Verfahren nach den Ansprüchen 32 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegung der Düse bzw. der Plattform mit sechs Freiheitsgraden erfolgt.

35. Verfahren nach den Ansprüchen 32 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß als Kunstharz ein aktivierte Acrylharz verwendet wird.

36. Verfahren nach Anspruch 1 mit den Verfahrensschritten a), b) und c) und nach den Ansprüchen 2 bis 19, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

Manuelles, interaktives oder automatisches Definieren von einer Schnittfläche oder von mehreren ebenen oder gekrümmten Schnittflächen, die das Computermodell der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes in zwei oder mehrere, für sich alleine durch Abtragen von Material herstellbare Teile unterteilt;

Erzeugen von Steuersignalen für eine Material Abtragvorrichtung zur Steuerung der Bewegung einer solchen Vorrichtung und Zerteilen eines die Konturen der Otoplastik bzw. des Ohrpaßstückes allseitig umschließenden Blocks aus Kunststoff in die ermittelte Anzahl von Teilblöcken und

allseitiges Abtragen des Materials von den Teilblöcken zum Herstellen entsprechender Teile der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes und anschließendes Zusammenfügen dieser Teile.

37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage und die Form der Trennflächen für die kleinste Anzahl von Teilblöcken und für die einfachste und praktischste Art der Materialabtragung optimiert werden. 5

38. Verfahren nach Anspruch 36 oder 37, dadurch 10 gekennzeichnet, daß zum Abtragen des Materials von den einzelnen Teilblöcken eine numerisch gesteuerte Schleif- oder Fräsvorrichtung verwendet wird.

39. Verfahren nach Anspruch 36 oder 37, dadurch 15 gekennzeichnet, daß zum Abtragen des Materials von den einzelnen Teilblöcken ein im Ultraviolettbereich arbeitender sogenannter Eximer-Laser verwendet wird.

40. Verfahren nach den Ansprüchen 36 bis 39, dadurch 20 gekennzeichnet, daß die einzelnen Teile der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes für einen späteren permanenten Zusammenbau durch Verkleben, Polymerisieren oder Wärmebehandlung mit für diesen Zweck geeigneten Nuten, Federn, Bohrungen, Zapfen, abgestufte Kanten oder dergleichen versehen werden. 25

41. Verfahren nach Anspruch 36 bis 39, dadurch 30 gekennzeichnet, daß zur lösbarer Verbindung der einzelnen Teile der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes bei der computergesteuerten Herstellung der Teile einrastbare Verbindungsteile wie Zapfen und Bohrungen sowie Bohrungen für Schrauben, Rastfedern oder dergleichen erzeugt werden.

42. Verfahren nach Anspruch 1 mit den Verfahrensschritten a) und b) sowie nach den Ansprüchen 2 bis 35 19, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

Speichern eines Satzes oder mehrerer Sätze von Definitionen, Abmessungen und Positionen aller 40 notwendigen Funktionen/ Bauelemente von bereits vorgefertigten, in Kunststoffblocks eingebetteten, nur in ihren inneren Konturen vorgegebenen Otoplastiken oder Ohrpaßstücken in einer Datenbank; Manuelles, interaktives oder automatisches Optmieren der äußereren Oberfläche des Computermodells bzw. des Ohrpaßstückes bezüglich der Lage innerhalb eines ausgewählten Blocks für geringste Endabmessungen und für ein optimales kosmetisches Erscheinungsbild und 45 computergesteuertes Abtragen des Materials von einem ausgewählten Block oder von ausgewählten Blöcken zur Herstellung der äußeren Konturen der Otoplastik oder des Ohrpaßstückes. 50

43. Verfahren nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß zum Abtragen des Materials von dem ausgewählten Block oder den ausgewählten Blöcken eine numerisch gesteuerte Schleif- oder Fräsvorrichtung verwendet wird. 55

44. Verfahren nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß zum Abtragen des Materials von dem ausgewählten Block oder den ausgewählten Blöcken ein im Ultraviolettbereich arbeitender sogenannter Eximer-Laser verwendet wird. 60

— Leerseite —

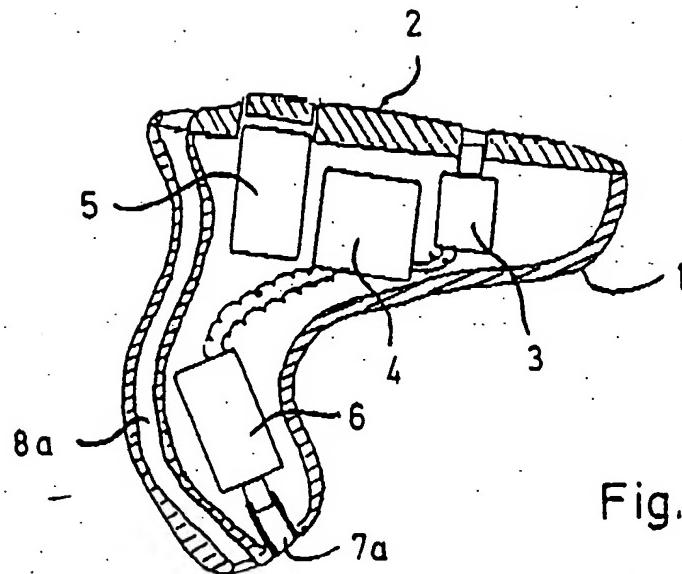


Fig. 1

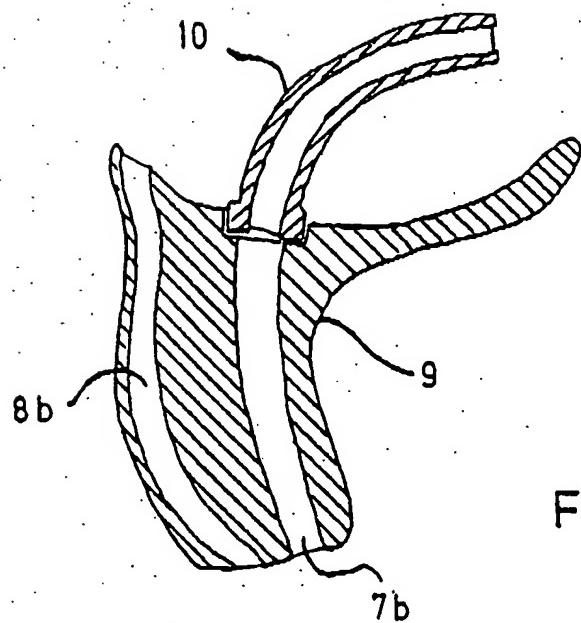


Fig. 2

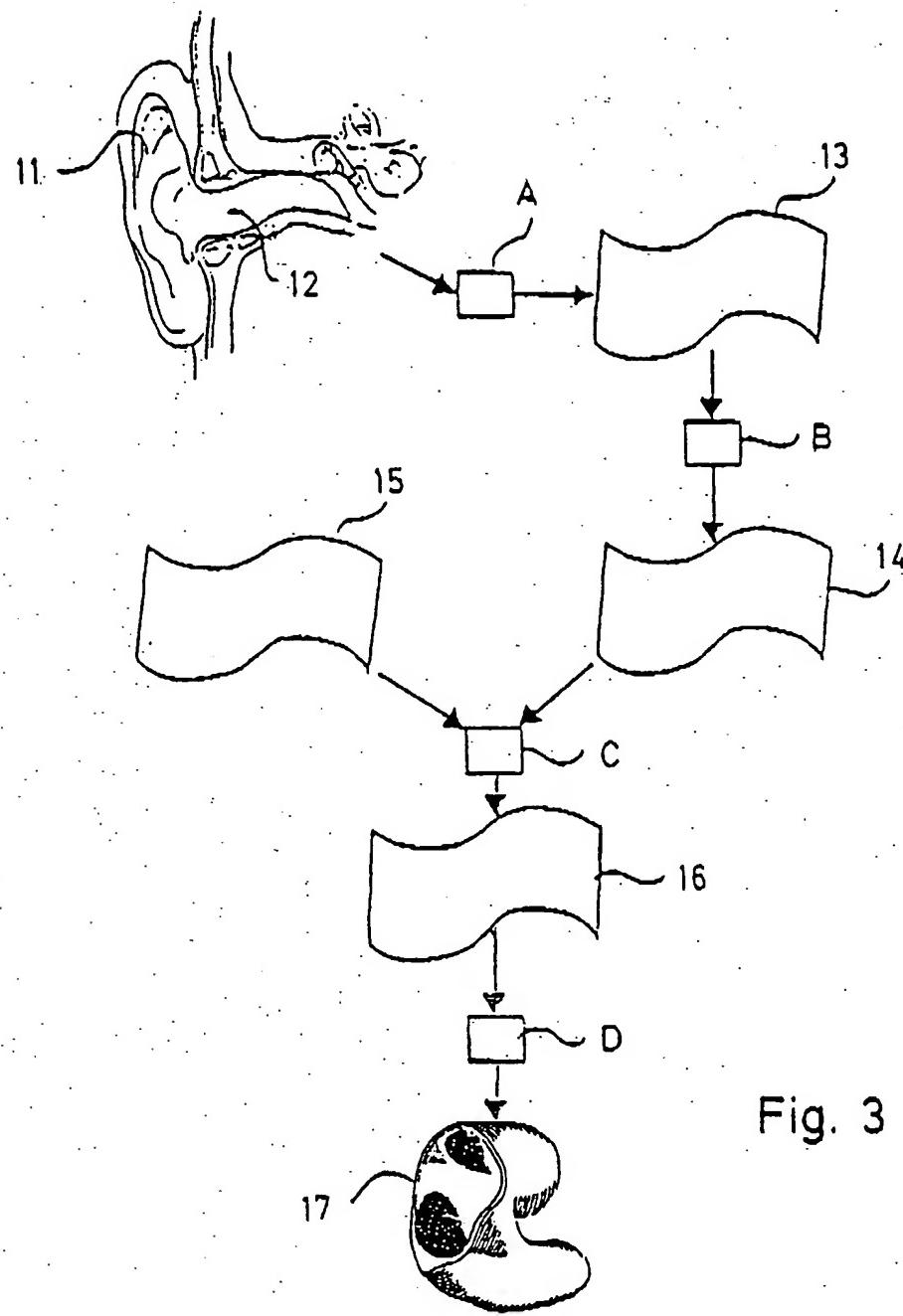


Fig. 3

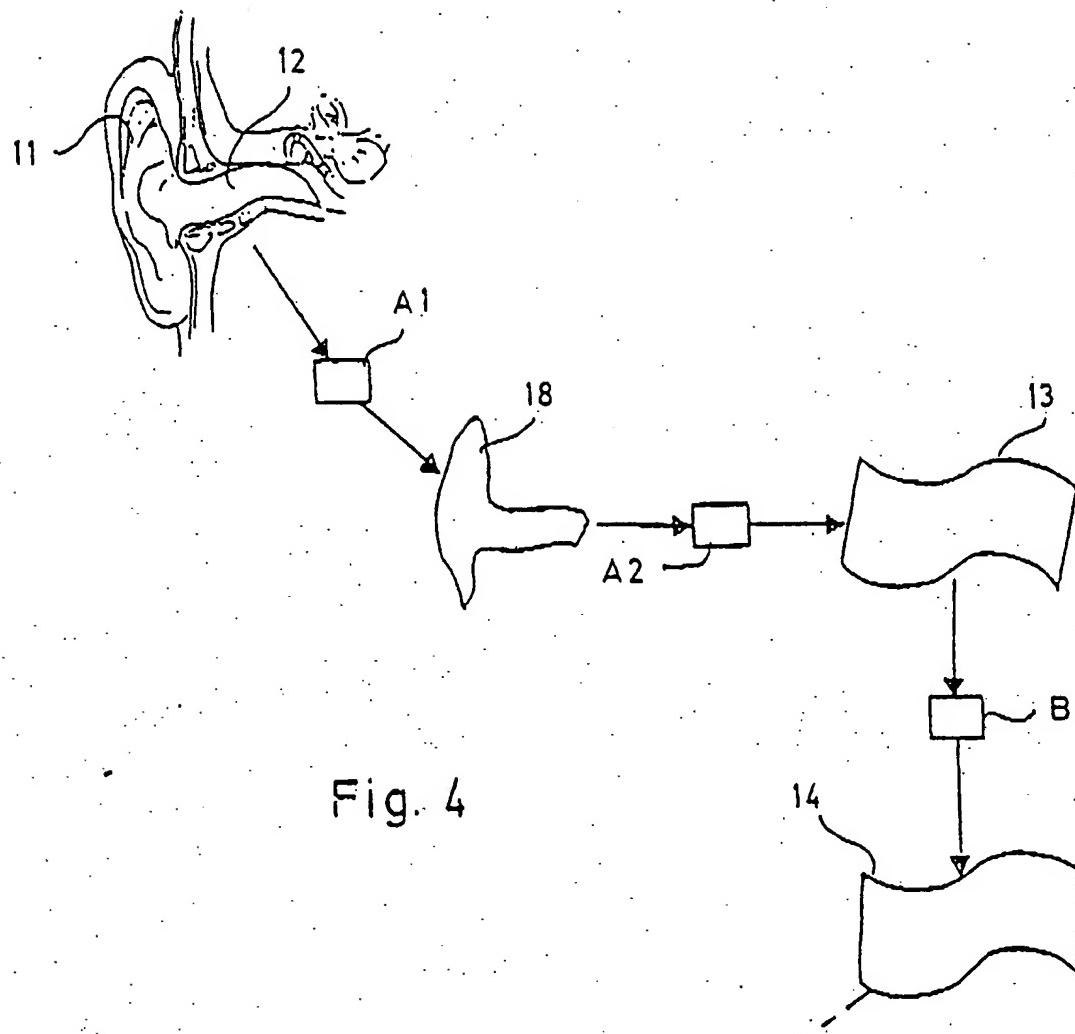


Fig. 4

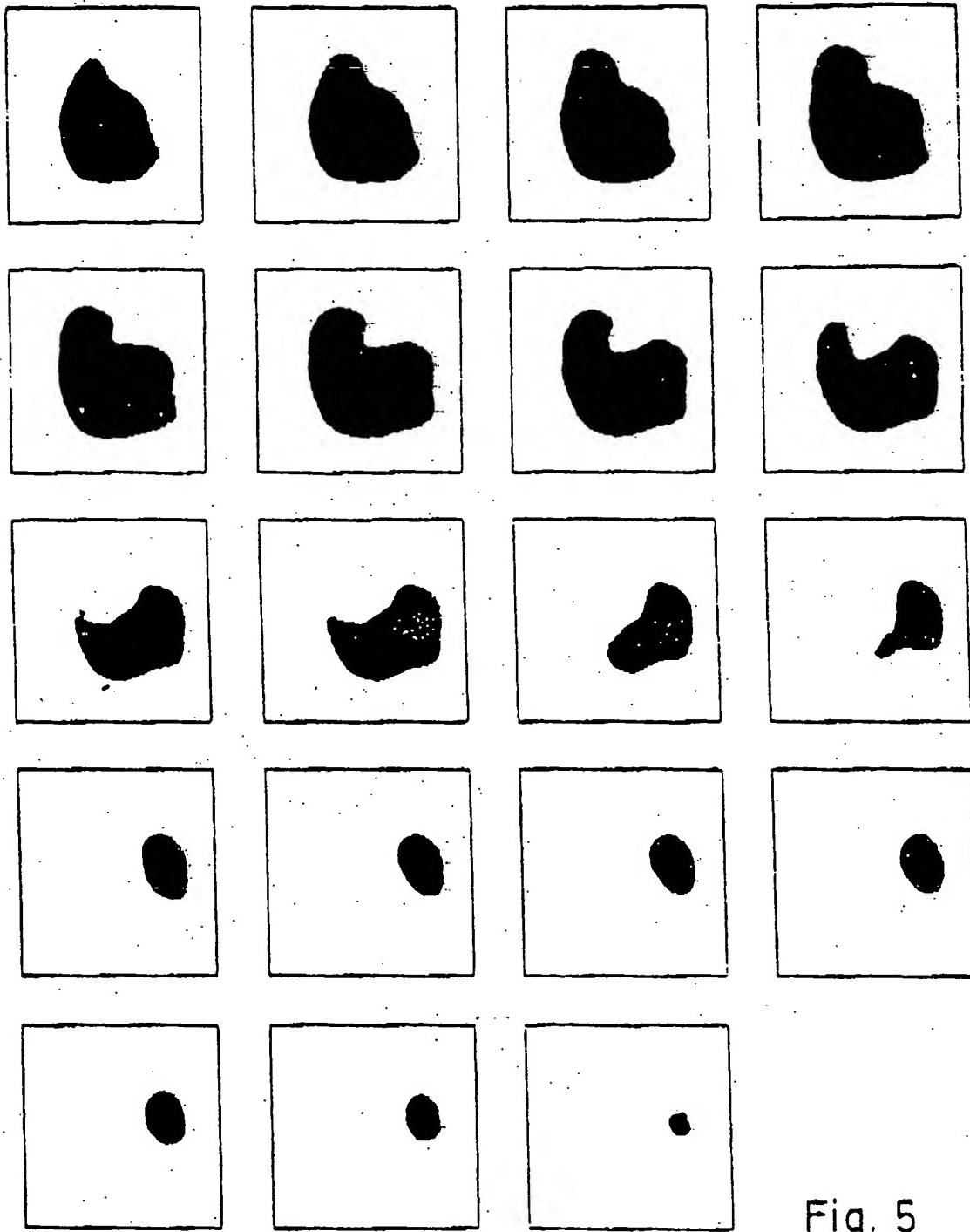


Fig. 5

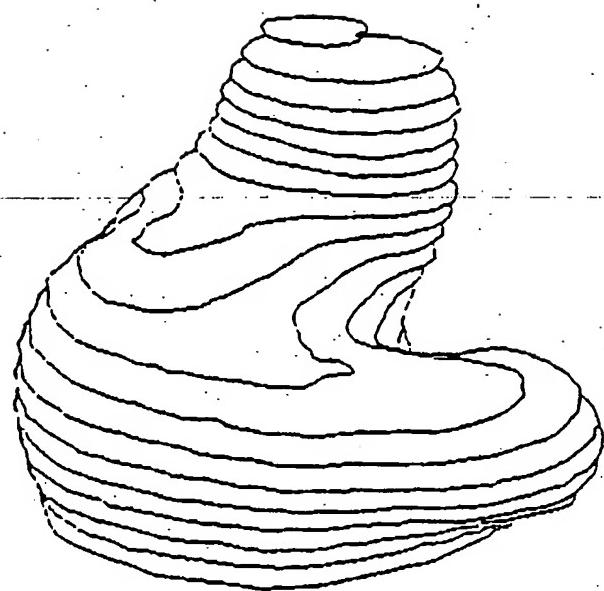


Fig. 6

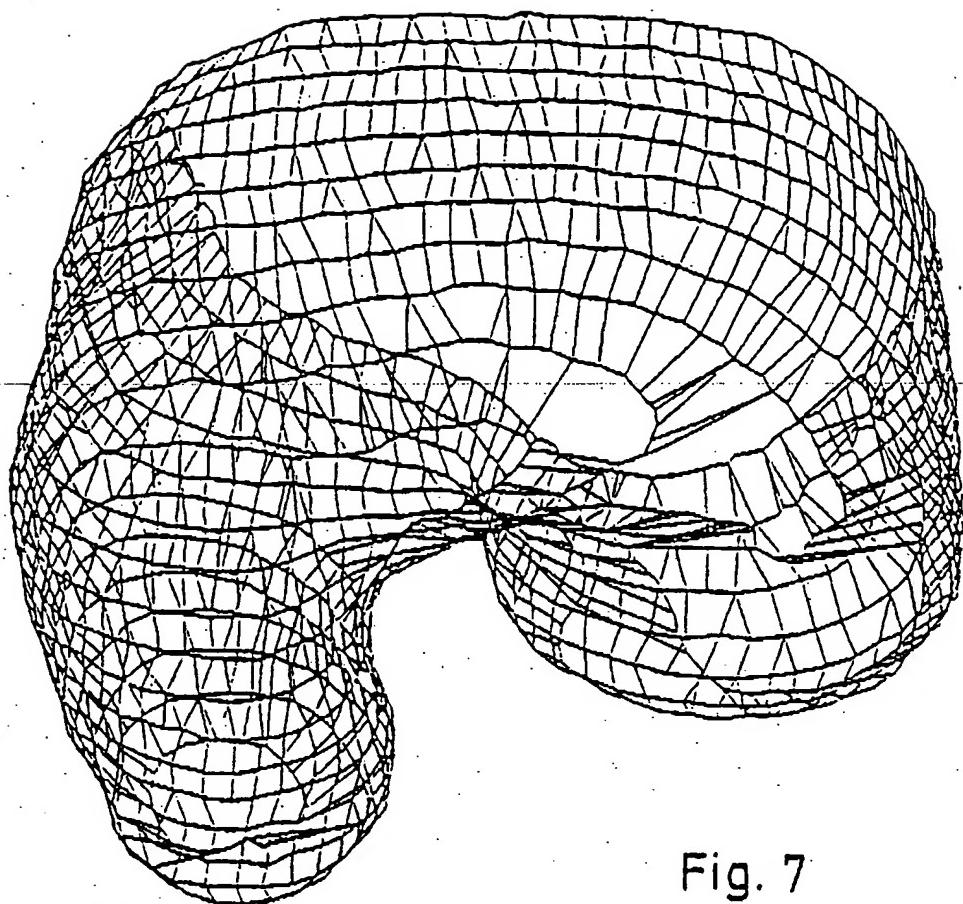


Fig. 7

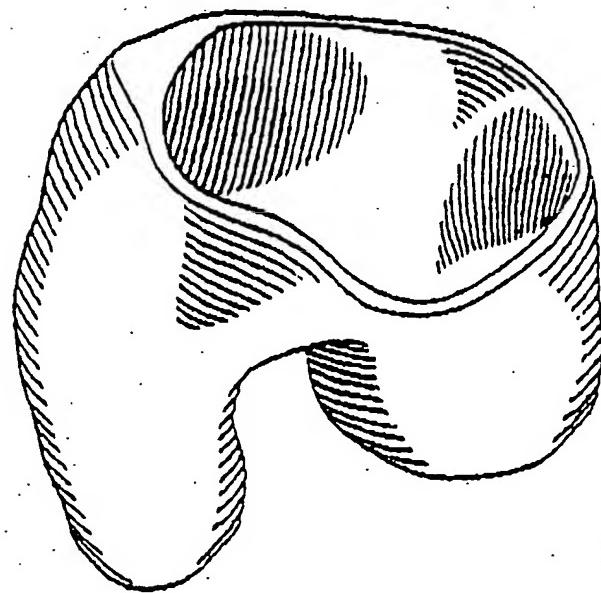


Fig. 8

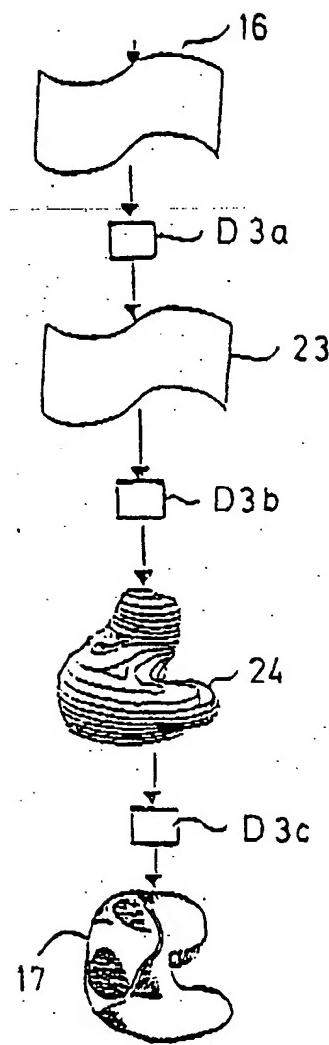
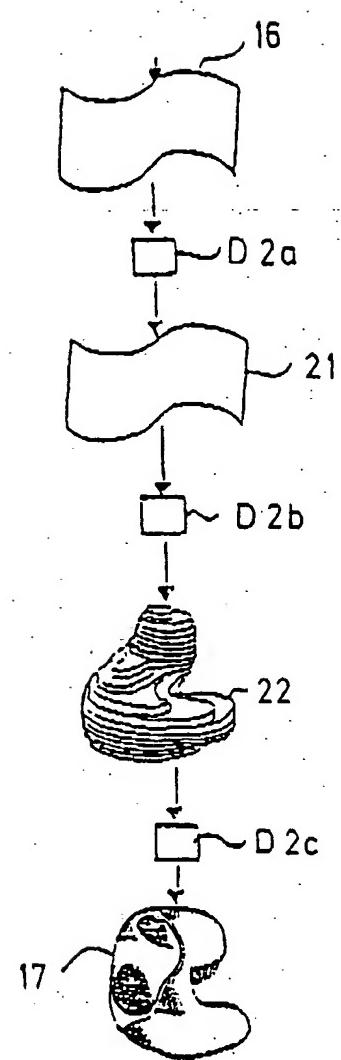
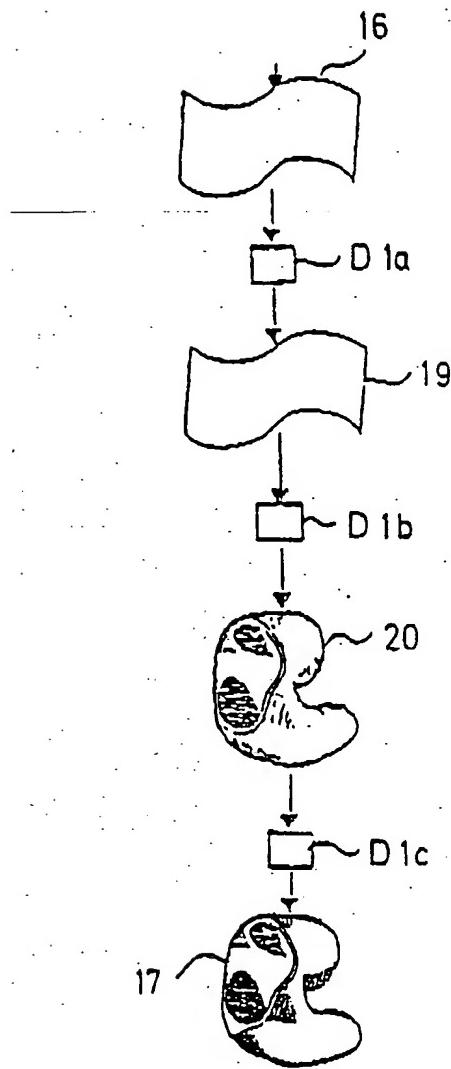


Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

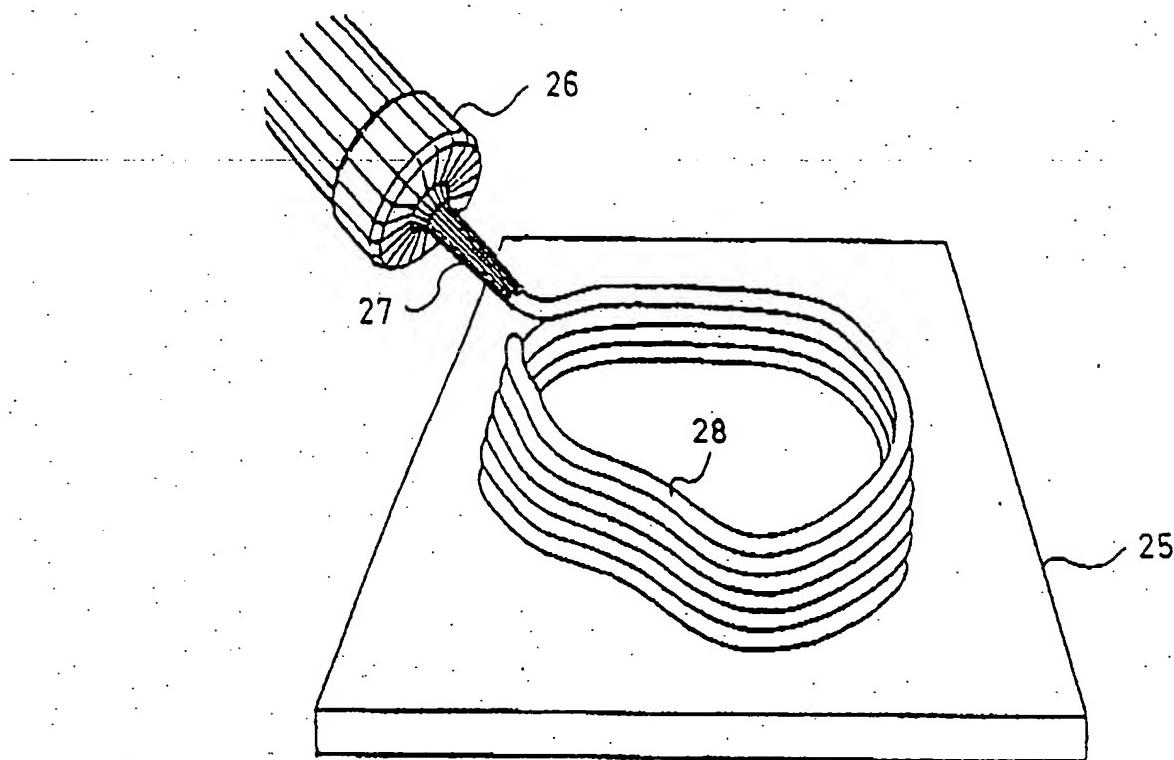


Fig. 12

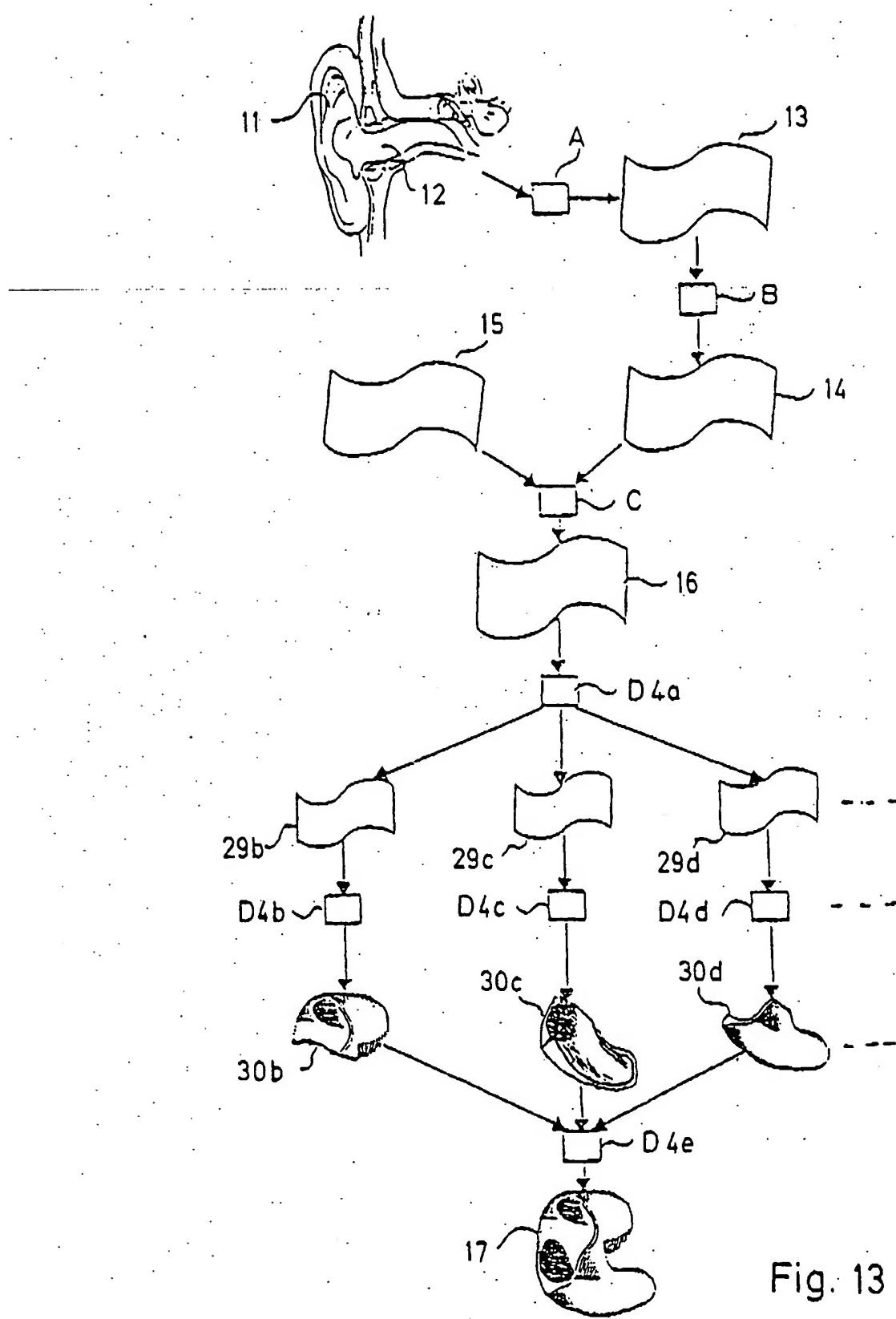


Fig. 13

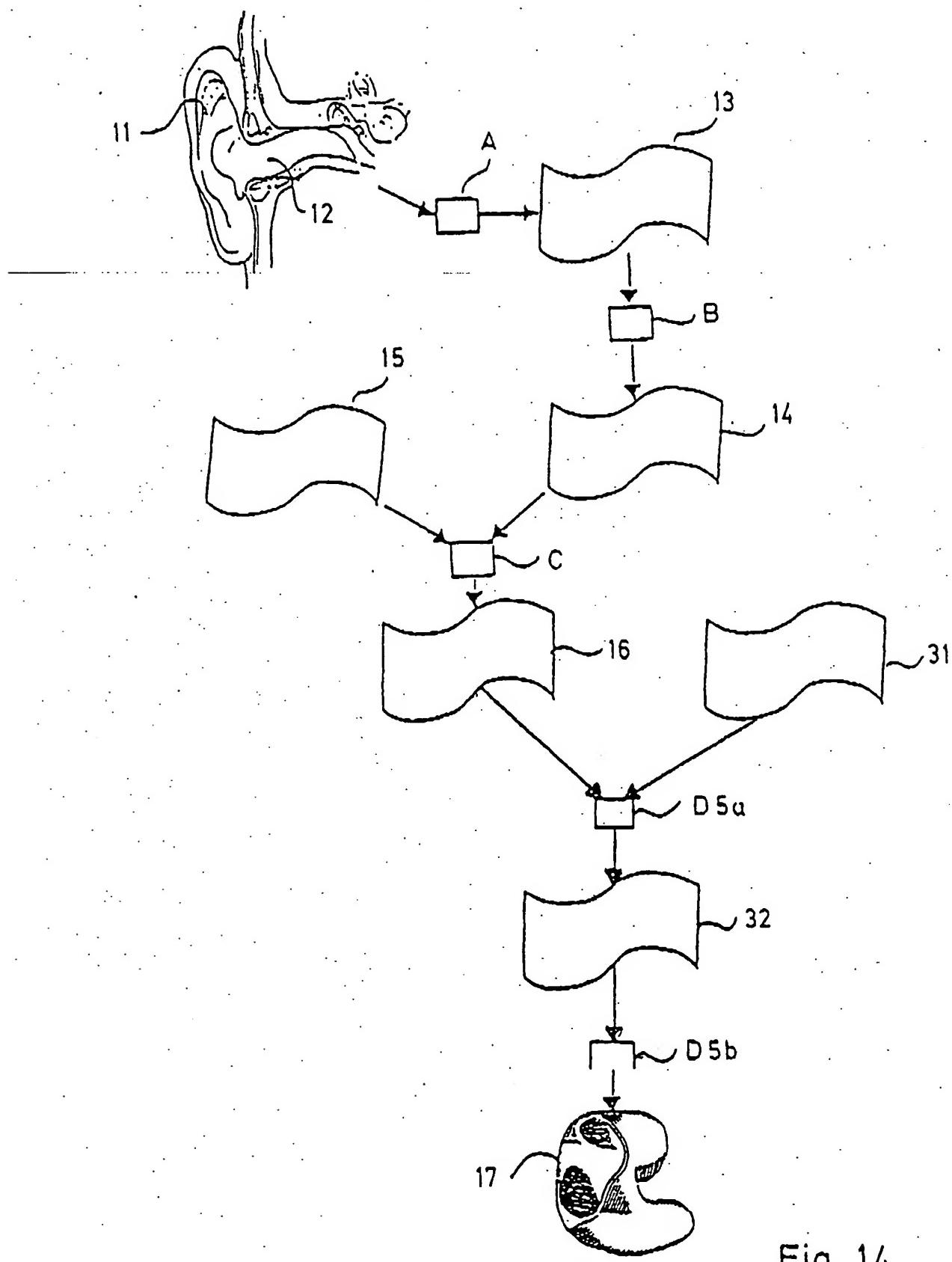


Fig. 14

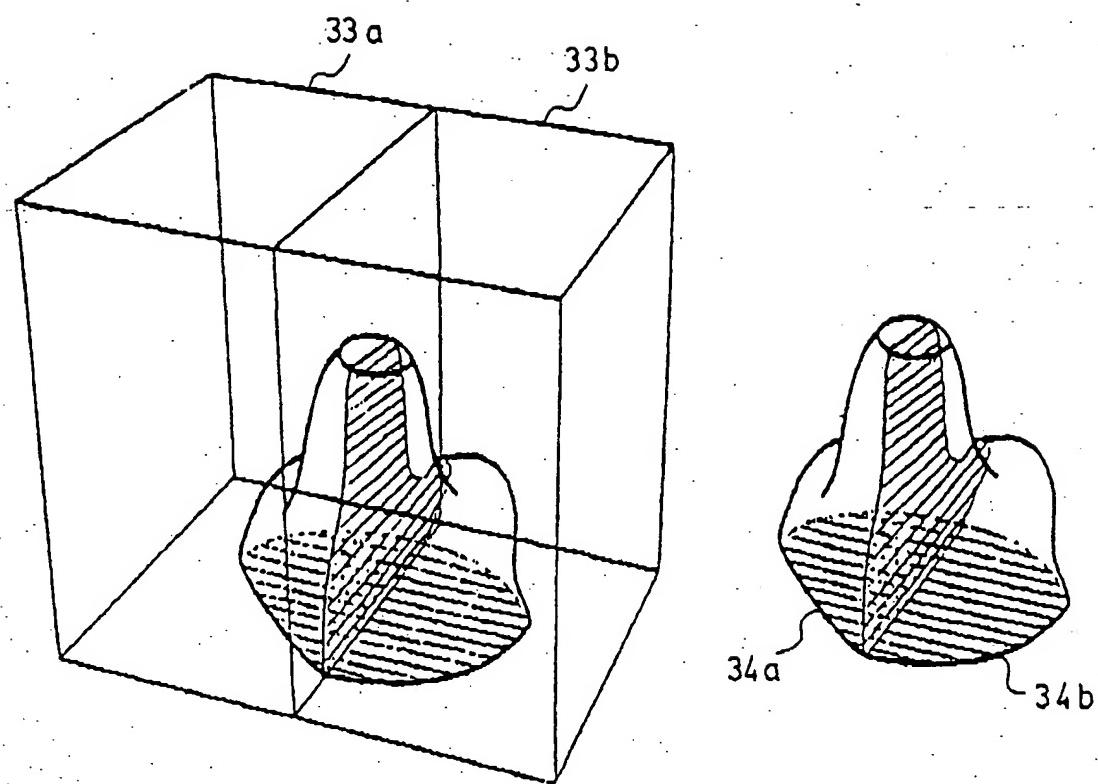


Fig. 15

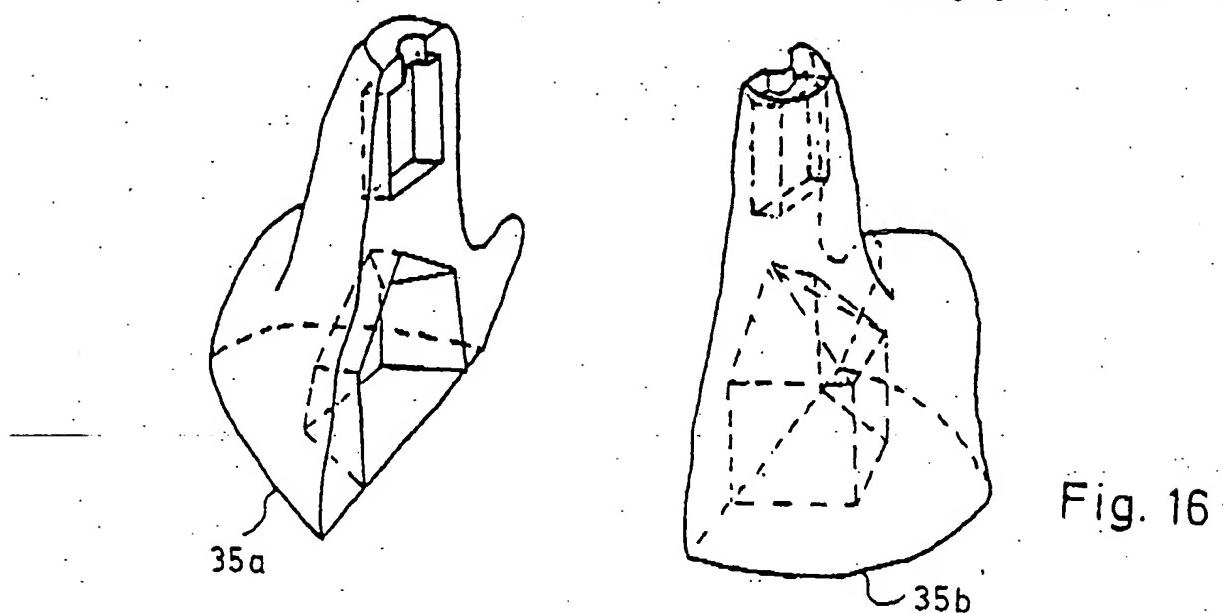


Fig. 16

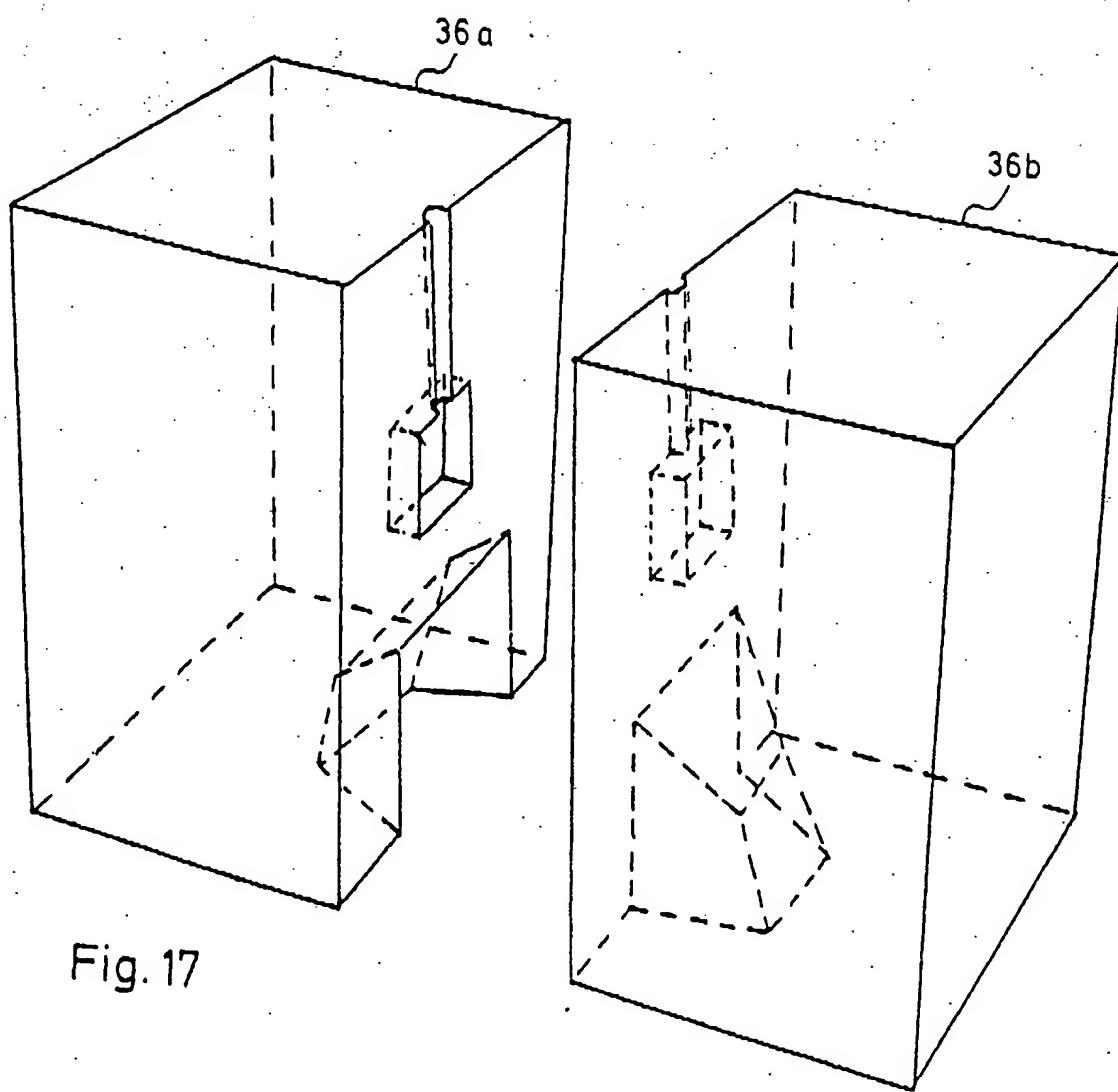


Fig. 17

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.